Arnaldoa 21 (2): 305 - 316, 2014 ISSN: 1815-8242

Método alométrico para estimar el área foliar de "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) al estado silvestre

Allometric method for estimating leaf area of "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) in wild species



Joanna M. Rojas Murillo & Juan F. Seminario Cunya
Programa de Raíces y Tubérculos Andinos
Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
jfseminario@yahoo.es

Resumen

Se encontró un método no destructivo para estimar del área foliar de "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) al estado silvestre, utilizando el largo y el ancho mayor de la lámina foliar. Se tomó una muestra de 564 hojas (de 53 matas en floración) de diferente edad y posición en la planta. Se dibujaron las siluetas de las hojas frescas, sobre papel y en ellas se midió el largo y el ancho mayor de la lámina. El área medida (o real) de la lámina se determinó con planímetro. Con el área medida (como variable dependiente) y los valores de largo, ancho, largo al cuadrado, ancho al cuadrado y largo/ancho (como variables independientes), se realizó el análisis de correlación y regresión, hasta encontrar la ecuación de mayor ajuste (r y r^2, más altos). La ecuación que estima mejor el área foliar en esta especie al estado silvestre es A = 0.6161 (L x W) + 2.4039 (r^2 = 0.94, DS: 10.58).

Palabras clave: *Valeriana pilosa*, área foliar, alometría.

Abstract

A non-destructive method to estimate leaf area of "valerian" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) in wild species, using the length and width of the largest leaf blade was found. A sample of 564 leaves (of 53 flowering plants) of different age and position on the plant was taken. Silhouettes of fresh leaves were drawn on paper and in them the length and width of the sheet was measured. The measured area (or real area) of the sheet was determined with a planimeter. With the measured area (dependent variable) and the values of length, width, squared length, squared width and length/width (independent variables), a correlation and regression analysis were performed to find the equation of greater adjustment (higher r and ^{r2}). The equation that best estimate leaf area in this species in the wild is A = 0.6161 (L x W) + 2.4039 (^{r2} = 0.94, SD: 10.58).

Keywords: *Valeriana pilosa*, leaf area, allometry.

Introducción

El análisis del crecimiento de las plantas requiere de la medida de dos variables, evaluadas a intervalos definidos: el área foliar (AF) y el peso seco (PS). Con estos dos valores, se derivan mediante cálculo, los índices de crecimiento de la planta individual (tasas absoluta y relativa de crecimiento, tasa de asimilación neta, razón de área foliar, área específica foliar, peso específico foliar) o de la población (índice de área foliar, duración del área foliar, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, coeficiente de partición o índice de cosecha) (Hunt, 1978; Gardner *et al.*, 1985). Mientras que el AF representa el sistema asimilatorio que elabora la materia seca, el PS, medido en un momento determinado, representa aproximadamente (incluye los minerales) la fotosíntesis neta total de la planta, o de la población, en la cual, se ha descontado el gasto por respiración.

Por este motivo, la medida del AF es fundamental para entender los procesos y relaciones entre ésta y la materia seca formada, y su asignación o partición a los órganos, en momentos claves del crecimiento. Asimismo, es útil para estudiar esta asignación de la materia seca, como respuesta a diversos tratamientos agronómicos o ambientales.

Se han desarrollado diversos métodos para medir o estimar el área de las hojas individuales, como base para obtener el AF total de una planta. Estos métodos se clasifican en destructivos y no destructivos. Los primeros, llamados directos, son aquellos que requieren desprender las hojas de la planta. Los no destructivos o indirectos, son aquellos que no requieren el desprendimiento de las hojas, sino que, permiten estimar el AF, con alto grado de

aproximación (Stickler *et al.,* 1961; Mendoza *et al.*, 1984).

Uno de los métodos prácticos y no destructivos, usado frecuentemente para estimar el área foliar de una planta, se sintetiza en emplear, por un lado, el área foliar real –AR– (medida), obtenida de una muestra de hojas (o foliolos), mediante cualesquiera de los métodos destructivos conocidos (cuadrículas, razón peso fresco/área, dibujo y pesadas de papel, planímetro, integrador fotoeléctrico de área, entre otros). Por otro lado, en el empleo de las dimensiones largo (L) y ancho (W), de las láminas de las hojas (o de los foliolos, según el tipo de hoja). Estas dimensiones se pueden usar individualmente, como productos de éstas (L x W), como cocientes (L/W, W/L) o como potencias (L^2, W^2).

Con estas tres variables básicas, L y W (independientes) y, AR (dependiente), bajo el supuesto teórico de que éstas se relacionan alométricamente (Gardner *et al.*, 1985, Rodríguez & Leihner, 2006), se trata de encontrar, mediante correlaciones y regresiones estadísticas, la ecuación que presenta el mejor ajuste. Los indicadores principales son el coeficiente de correlación (r) y el coeficiente de determinación (r^2). Si r es cercano a 1, indica una la relación entre variables y si r^2 es cercano a 1, igualmente indica una relación muy alta o perfecta, de modo que, la variable independiente que interviene en la ecuación, estima en alto grado el área de la hoja. Esto implica que los valores de la variable independiente (medidas lineales) permiten estimar los valores de la variable dependiente (área foliar).

En 1911, E. G. Montgomery en Nebraska, fue el pionero es estos estudios. Mediante correlaciones estadísticas encontró que se puede estimar el área foliar de las hojas de "maíz" con la ecuación: Ah = 0.75 (L x W). Donde Ah = área de la hoja, L = largo de la lámina y W=ancho máximo de la lámina (Montgomery, 1911). En las últimas décadas, siguiendo procedimientos similares y con las medidas lineales de las hojas, se han generado factores o ecuaciones para estimar el AF, con alto nivel de aproximación y ajuste, para múltiples especies y variedades agrícolas: *Sorgum* sp. (Stickler *et al.*, 1961), *Ricinus communis* (Jain & Misra, 1966), *Helianthus annuus* (Schneiter, 1978; Solórzano, 2000), *Cucurbita pepo* (Fargo *et al.,* 1986), *Canna indica* (Kato *et al.*, 1989, Seminario *et al.*, 2001), Bhatt & Chanda, 2003), *Solanum tuberosum* (Fleisher & Timlim, 2006; Jerez *et al.,* 2014), *Dalhia pinnata, Dianthus barbatus, Pelargonium* x *hortorum, Petunia* x *hybrida,* y *Viola wiltrockiana* (Giufrida *et al.*, 2011), *Coffea arabica* (Zambom *et al.*, 2011). También en especies forestales: *Alnus acuminata, Escallonia pendula* y *Quercus humboldtii* (Cabezas-Gutierrez *et al.*, 2009).

Valeriana pilosa Ruiz & Pav. es una planta medicinal silvestre (Fig. 1) que crece en la Jalca de Cajamarca (y otras regiones del Perú), entre los 3200 y 4200 msnm (Ramírez *et al.*, 2006). Se recolecta y se exporta hacia los mercados de la costa, en donde se procesa y presenta en diversas formas (triturada, jarabe, filtrante, tintura). Debido a que las áreas naturales donde crece son intervenidas crecientemente por la ganadería, la minería y la agricultura y, también por la excesiva recolección (y ante la falta de planes de manejo), la planta es cada vez más vulnerable.

La conservación y uso sostenibles de esta planta implica su domesticación, mediante la incorporación a los sistemas de cultivo. Sin embargo, este proceso requiere generar conocimientos sobre su biología y agronomía para mejorar la producción de rizomas y raíces que son las partes de

interés económico.

En consecuencia, es importante conocer el comportamiento de la planta, antes y durante el proceso de domesticación y un aspecto fundamental es conocer los cambios del sistema asimilatorio, para lo cual, es necesario contar con procedimientos prácticos, económicos, rápidos y no destructivos para estimar el área foliar.

Bajo estas consideraciones, la presente investigación se enfocó a buscar una ecuación alométrica que permita estimar el área de las hojas de *Valerina pilosa* Ruiz & Pav. en su estado silvestre, usando las dimensiones largo y ancho de lámina.

Material y métodos

La investigación se realizó en el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca (distrito, provincia y departamento de Cajamarca). Esta institución se ubica a 3.5 km de la ciudad de Cajamarca (7º 10`LS, 78º 30`LW, 2650 m, 14° C de temperatura media 65% HR, precipitación promedio anual 650).

Se trabajó con hojas maduras de plantas de "valeriana" crecidas en estado silvestre, en la localidad de Campo Alegre, Centro Poblado de Huanico, distrito de Namora, provincia de Cajamarca. Se recolectaron al azar, 53 matas y de ellas, se obtuvieron 564 hojas, de diferente edad, tamaño y posición en la planta. Estas hojas, fueron dibujadas inmediatamente, en papel de grosor uniforme.

El área de estas siluetas (área real de las láminas) se midió mediante un planímetro mecánico (Carady, 9795), siguiendo las instrucciones del fabricante. El valor obtenido es la variable dependiente que se usó para la estimación del área de las hojas, mediante ecuaciones alométricas (correlación y regresión), con intervención del largo y ancho de las láminas.

La estimación del área de las láminas mediante el análisis de correlación lineal simple, se basó en los siguientes presupuestos teóricos y siguiendo a autores e investigaciones previas (Robles, 1980; Infante & Zárate, 1984; Schneiter, 1978; Solórzano, 2000; Kato *et al.*, 1989; Seminario *et al.,* 2001; Bhatt & Chanda, 2003): La correlación entre dos variables, está dada por la siguiente ecuación: $y = a + bx$. En donde "y" es la variable dependiente y "x" es la variable independiente. Es decir, en nuestro caso, esa notación se convierte en: $A = a + bx$. En donde A = el área de la hoja, "x" es cualquiera de las medidas lineales, su producto, u otra combinación, a y b son constantes.

Entonces, por un lado tenemos el área foliar real (AR) de cada hoja, obtenido mediante el método del planímetro. Por otro lado, tenemos las medidas del largo (L) y ancho mayor (W) reales de las hojas (medidas en las siluetas dibujadas en papel). Si encontramos una alta correlación (r cercano a 1) del AR con una de las medidas lineales, con el producto de éstas (L x W), o con cualquier otro valor o combinación que involucre estas medidas (por ejemplo L^2, W^2, L/W), quiere decir que las variables están estrechamente relacionadas. Por otro lado, si la posición de la línea de regresión es positiva y el r^2 es alto significa que la variable independiente (medidas lineales) permite estimar el valor de la variable dependiente (AR). Entonces, habremos encontrado, una ecuación alométrica que estima el área de las hojas problema. Así, tendremos el área estimada (AE) de cada hoja.

Las dimensiones de las hojas se obtuvieron del siguiente modo: La silueta de cada hoja fresca (previamente numerada)

fue dibujada en papel. Luego se midió con una regla, las dimensiones de largo (L) y ancho mayor (W) (Fig. 2A). Estos valores, correspondientes a cada hoja, fueron introducidos en la misma tabla en Excel anteriormente estructurada para el área real (con planímetro).

En la misma hoja de cálculo, se determinaron los valores de L x W, L^2, W^2, L/W y se colocaron en sus respectivas columnas. Es decir, la hoja de cálculo comprendía los datos que se describen en la Tabla 1.

Enseguida, se procedió a hacer el análisis de correlación y regresión del siguiente modo:

Tabla 1. Formato de tabla en donde se acopiaron los datos de las medidas lineales, sus combinaciones y el área real medida con el planímetro.

N° de mata	N° de hoja	L (cm)	W (cm)	L x W	L^2	W^2	L/W	Área real (medida)

L = largo de hoja, W = ancho mayor de la hoja.

Siguiendo el procedimiento de varios autores (Solórzano, 1976; Ascencio, 1985; Kato *et al.*, 1989; Seminario *et al.*, 2001; Astegiano *et al.*, 2001; Martín *et al.*, 2006), se hicieron correlaciones entre las medidas lineales de las hojas (variables independientes) y el AR (variable dependiente), hasta encontrar un coeficiente de correlación que indique la más alta relación entre las variables. El análisis de correlación se justifica por cuanto se asume que la distribución de las dos variables se acerca a la normal y las dos variables son continuas y provienen de plantas tomadas al azar, en una población natural.

La mejor correlación entre dos variables es aquella en la cual, el coeficiente de correlación "r" es cercano a +1 ó -1. Por otro lado, al analizar dos variables de esta naturaleza, se produce una ecuación de regresión que describe matemáticamente esta relación. Consecuentemente, se obtiene una línea de regresión cuya pendiente, indica el grado de relación entre variables. En otras palabras, a mayor pendiente, mayor relación entre variables. Es decir, si encontramos una ecuación con estas características, ésta será la que estima mejor el AR de cada hoja. Además, se tendrá una coeficiente de determinación (r^2) alto.

Resultados y discusión

Área real, largo, ancho y otros valores combinados de las hojas de "valeriana"

Las medidas lineales y sus derivaciones presentan variación importante, esto es explicable tratándose de una planta silvestre, no influenciada por el síndrome de la domesticación. La variación se refleja también, en los valores extremos y medios de los parámetros considerados, como se presentan en la Tabla 2.

Estimación del área foliar mediante el análisis de correlación

La correlación entre lago de las hojas y el AR indicó, que existe alta asociación entre estas variables (r = 0.87). La pendiente de la línea de regresión y el valor del coeficiente de determinación (r^2 = 0.75) (Fig. 2B), indican que ambas variables están altamente relacionadas. Además, significa que el área de la hoja se explica en un 87% por largo de la lámina y la parte restante se explica por otros factores no conocidos. La correlación

Tabla 2. Valores del largo (L), ancho (W), relación W^2, L^2, L/W y área real de las hojas de valeriana.

Variables	Mínimo	Máximo	Promedio	DS
L (cm)	3.60	18.60	10.90	20.41
W (cm)	1.00	5.00	2.42	22.40
L^2 (cm2)	12.96	345.96	126.75	21.53
W^2 (cm^2)	1.00	25.00	6.24	27.03
L/W	2.12	7.81	4.60	64.34
L x W (cm^2)	4.8	61.38	27.51	10.58
Área real* (cm^2)	3.67	43.46	19.35	7.69

DS = Desviación estándar. * medida con planímetro. Muestra: 564 hojas.

entre el área estimada con el largo de la hoja y área real (medida) indicó igualmente alta asociación entre ambas (r^2 = 0.75).

En la Fig. 2C se presenta la correlación entre el ancho de la hoja (W) y el AR. La línea de regresión y el coeficiente correlación (r = 89) indican alta correlación entre las variables, y ligeramente más alta que cuando se correlaciona el largo de la hoja con el AR. El coeficiente de determinación (r^2 = 0.79) indica que el 79% de la variación de AR se explica por el ancho de la hoja. La correlación entre el área real y el área estimada mediante el W de las hojas indicó alta relación entre ambas (r^2 = 0.79) y similitud entre sus valores.

La línea de regresión y el valor de r = 0.86, cuando se correlaciona el AR y el largo de las hojas al cuadrado (L^2) (Fig. 2D) indicaron alta asociación entre estas variables, aunque ligeramente menor que en el caso anterior. El coeficiente de determinación (r^2 = 0.74) implica que el 74% del área real se explica por el L^2 y el resto por otros factores. La correlación entre el área real y el área estimada con intervención del L^2 siguió la tendencia de los casos anteriores. Es decir, sus valores fueron cercanos (r^2=0.74), pero el ajuste fue menor que en los casos precedentes.

La correlación entre el área real y el ancho de las hojas al cuadrado (W^2) (Fig. 2E) indica alta relación entre variables. El valor de r^2 = 075, implica que el 75% del área está determinado por el W^2 y el resto por otros factores desconocidos. Asimismo, la correlación entre el AR y el área estimada con intervención del W^2 indicó que ambas están altamente correlacionadas, pero, el grado de ajuste fue similar que cuando interviene el L^2.

Cuando se correlacionó el AR con el cociente de L/W (Fig. 2F), se encontró que el valor r = 0 y la pendiente de la línea de regresión, indica que no existe asociación entre estas variables. Asimismo, el valor indeterminado de r^2 indica que los valores de L/W no explican los valores de AR. La correlación del área real con el área estimada con intervención de este factor siguió la misma tendencia. Por lo tanto, no es posible estimar el área foliar con intervención de este cociente.

Finalmente, cuando se correlacionó entre el AR y el producto de L x W (largo x ancho de láminas) se encontró que el coeficiente de correlación (r = 0.97), indicó una asociación muy alta entre estas variables. A la vez, esta correlación es la más alta entre todas las pruebas realizadas. Por otro lado, la pendiente de la línea de regresión y el valor de r^2 (Fig. 2G) indicó que el 94% del área real se explica por el producto de L x W y el resto

por otros factores desconocidos. Asimismo, la regresión entre el AR y el área estimada mediante el producto de L x W (Fig. 2H), se encontró muy alta correlación. El $r^2 = 0.94$), indica que el 94% del AR se explica por el área estimada y que es posible predecir los valores del AR a través de los valores de L x W.

De lo anterior se infiere que, la mejor estimación del área de las hojas de "valeriana" se obtiene mediante el producto del L x W (como variable independiente). Este resultado se explica por tratarse de una hoja de forma regular, en donde la relación entre las medidas de L, W y AR sigue una misma tendencia. Se trata de un caso de isometría, en donde las variables crecen a la misma tasa, manteniendo un tamaño proporcional constante (aunque de tamaño absoluto diferente) (Shingleton, 2010). En otras especies, cuya hoja o foliolo es de forma regular, también se ha encontrado que la mejor forma de estimar el área, es mediante la intervención del producto del largo por el ancho. Así por ejemplo, en "maíz" (Montgomery, 1911), "sorgo" (Stickler *et al.*, 1961; Solórzano, 2000), "achira" (Kato *et al.*, 1989 y Seminario *et al.*, 2001); "estevia" (Espita *et al.*, 2006), "caña de azúcar" (Mendez, 1993), "pimienta negra" (Partelli *et al.*, 2007), "mango" y "aguacatero" (Calderón, 2009), "papa" (Jerez *et al.*, 2014).

En la Tabla 3 se presenta el conjunto de las ecuaciones obtenidas en el proceso descrito. Como se puede observar, la ecuación que permite un mejor ajuste es $AE_6 = 0.6161$ (L x W) + 2.4039. El coeficiente de correlación ($r = 0.97$) y el coeficiente de determinación ($r^2 = 0.94$) son cercanos a 1, e indican muy alta asociación entre variables. La capacidad de ajuste se comprueba al correlacionar el área foliar real (AR) y el área estimada (AE) mediante el producto de L x W, en donde se obtuvo una correlación muy alta ($r^2 = 0.97$). Es decir, el área estimada representa de modo eficiente al área real. También se comprueba que el mejor grado de ajuste del área estimada respecto del área real, se obtiene con el producto de L x W (101 % ± 10.58). El valor de la DS, relativamente alto, puede explicarse porque se trata de una planta silvestre, en la cual, las medidas lineales de las hojas muestran alta variación.

Las otras ecuaciones, excepto en la que interviene el cociente L/W (la cual muestra que no existe correlación entre L/W y AR), también permiten estimar el área real, pero con menor capacidad de ajuste y con DS mucho más alto (20.41 a 27.03). Por lo tanto, son menos recomendable para estimar el área foliar de esta especie.

Conclusiones.

Tabla 3. Ecuaciones derivadas del análisis de correlación entre el área real y las dimensiones largo y ancho y, grado de estimación (%) del AR, en las hojas de "valeriana".

				Área estimada	
Variables	Ecuación	r	r^2	%	DS
L	$A_1 = 2.3839(L) + 2.6217$	0.87	0.75	103	20.41
W	$A_2 = 10.883(W) + 6.9469$	0.89	0.79	104	22.4
L^2	$A_3 = 0.1092(L^2) + 5.5184$	0.86	0.74	105	21.53
W^2	$A_4 = 2.0576(W^2) + 6.5072$	0.87	0.75	106	27.03
L/W	$A_5 = 0.0319(L/W) + 19.209$	0	2 E -05	122	64.34
L x W	$\mathbf{A_6 = 0.6161(LxW) + 2.4039}$	**0.97**	**0.94**	**101**	**10.58,**

La ecuación alométrica que mejor estima el área de las hojas de *V. pilosa* al estado silvestre es A = 0.6161 (L W) + 2.4039 (r^2 = 0.95, DS: 10.58).

El procedimiento para estimar el área foliar de las matas de esta especie, es medir el largo y el ancho máximo de las láminas y aplicar la ecuación antes mencionada. De este modo, se obtiene el área de cada hoja y la sumatoria de las mismas, constituye el área foliar total.

Agradecimientos

Al Profesor Fabio L. Partelli (Universidad Estatal del Norte Fluminense Darcy Ribeiro–UENF–Brasil) por sus artículos sobre área foliar en "café" y "pimienta". A Segundo Cusquisiban por su apoyo en la toma de muestras en campo. A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, por financiar parte del trabajo.

Literatura citada

Asencio, J. 1985. Determinación del área foliar en plantas de "caraota" (*Phaseolus vulgaris* L.), "yuca" (*Manihot esculenta*) Crantz) y "batata" (*Ipomoea batatas* L.) utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. Turrialba 35 (1): 55-64.

Astegiano, E.; J. Favaro & C. Bouzo. 2001. Estimación del área foliar en distintos cultivares de "tomate" (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando medidas foliares lineales. Inv. Agr.: Prot. Veg. 16 (2): 249 – 256. Consultado 18-05-13. Disponible en http://www.inia.es/gcontrec/pub/asteg_1161157876500.pdf

Bhatt, M. & S. V. Chanda. 2003. Prediction of leaf area in *Phaseolus vulgaris* by non-destructive method. Bulg. J. Plant Physiol. 29 (1-2): 96-100. Consultado 20-05-14. Disponible en http://www.bio21.bas.bg/ipp/gapbfiles/v-29/03_1-2_96-100.pdf.

Cabezas-Gutierrez, M.; F. Peña; H. W. Duarte; J. F. Colorado & R. Lora. 2009. Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. Actualidad & divulgación científica 12 (1): 121-130. Consultado 10-05-14. Disponible en http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n1/v12n1a13.

Calderón, A.; F. Soto; M. Calderón & L. R. Fundora. 2009. Estimación de área foliar en posturas de "mango" (*Manguifera indica* L.) y "aguacatero" (*Persea* spp.) en fase de vivero a partir de las medidas lineales de las hojas. Cultivos tropicales 30 (1): 43-48. Consultado 10-05-14. Disponible en http://www.redalyc.org/pdf/1932/193217899007.pdf.

Espita, M. M.; R. A. Montoya; J. R. Robles; C. C. Barbosa & C. A. Vergara. 2006. Modelo estadístico para estimación del área foliar en *Stevia rebaudiana* Bertoni en el Sinu Medio. Temas Agrarios 11 (2): 45-51. Consultado 25-06-14. Disponible en http://www.unicordoba.edu.co/revistas/rta/documentos/11-2/112-5.pdf.

Fargo, W.; E. Bonjour & T. Wagner. 1986. An estimation equation for squash leaf area using leaf measurements. Can. J. Plant. Sci. 66: 677-682. Consultado 12-06-14. Disponible en http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/cjps86-089.

Fleisher, D. H. & D. Timlim. 2996. Modeling expansion of individual leaves in the potato canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139:84-93. Consultado 15-06-14. Disponible en http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192306001535.

Gardner, F. P.; R. B. Pearce & R. L. Mitchel. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press.

Giuffrida, F.; Y, Rouphael; S. Toscano; D. Scuderi; D. Romano; C. M. Rivera; G. Colla & C. Leonardi. 2011. A simple model for nondestructive leaf area estimation in bedding plants. Photosynthetica 49 (3): 380-388. Consultado 12-06-14. Disponible en ink.springer.com/article/10.1007/s11099-011-0041-z?no-access=true.

Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. Studies in Biology Series No. 96. Edward Arnold Ltd., London, U.K. Pp. 23-25.

Jain, T. & D. Misra. 1966. Leaf area estimation by linear measurements in *Ricinus comunis*. Nature. Vol. 212: 741-742.

Jerez, E.; R. Martín & Y. Díaz. 2014. Estimación de la superficie foliar en dos variedades de "papa" (*Solanum tuberosum* L.) por métodos no destructivos. Cultivos Tropicales 35 (1): 57-61. Consultado 20-06-14. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258 59362014000100008&script=sci_arttext.

Infante, G. & G. Zárate. 1984. Métodos Estadísticos. Edit. Trillas S.A. MEX. Pp. 463-467, 513-515.

Kato, M.; K. Inthavongsa & K. Imai. 1989. An estimation of leaf area in edible Canna (*Canna edulis* Ker-Gawler.). Japan Jour. Crop Sci. 58 (4): 753 - 754.

Martín, G. M.; F. Soto; R. Rivera & M. Rentería. 2006. Estimación de la superficie foliar de la *Canavalia ensiformis* a partir de las medidas lineales de sus hojas. Cultivos Tropicales 27 (4): 70-80. Consultado 04-05-14. Disponible en http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215912014.pdf.

Mendez, F. 1993. Determinación del área foliar en plantas de "caña de azúcar" variedad C323-68. Caña de Azúcar 11 (2). Consultado 30-06-14. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/cana1102/texto/determinacion.htm.

Mendoza, L.; V. A. Gonzales & C J. Ortiz. 1984. Factores de conversión y tamaños de muestra en las estimaciones del área foliar en "maíz". Agrociencias, 58: 141-151.

Montgomery, E. G. 1911. Correlation studies in corn. Nebraska Agric. Exp. Sta. ann. Rep. 24:108-159.

Partelli, F. L.; H. D. Vieira & A. P. Viana. 2007. Estimativa da área foliar de pimienta do reino a partir de dimensôes do limbo foliar. Ciência Rural Santa María. 37 (5): 2458-1461.

Ramírez, J. P.; R. M. Terán; I. Sánchez & J. Seminario. 2006. Etnobotánica de la "valeriana" (*Valeriana* spp.) en la Jalca de Cajamarca, Perú. Arnaldoa 13 (2): 368-379.

Robles, C. R. 1980. Estadística. Editorial INIDE. 8 ed. Lima PER. 72 p.

Rodríguez, W. & D. Leihner. 2006. Análisis del crecimiento vegetal. Volumen 7, serie fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Editorial Universidad de Costa Rica, San José, CR. 37 p.

Seminario, J.; M. Urteaga & S. Medina. 2001. Estimación del área foliar en seis morfotipos de "achira" comestible (*Canna edulis* Ker -Gawler) por método no destructivo. Arnaldoa (Perú). 8 (2): 67-80.

Shinglenton, A. 2010. Allometry: The study of biological scaling. Nature Education Knowledge 3(10): 2. Consultado 20-10-11. Disponible en http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/allometry-the-study-of-biological-scaling-13228439.

Schneiter, A. 1978. Non destructive leaf area estimation in sunflower. Agronomy Journal.70: 141–142.

Solórzano, P. 2000. Determinación de área foliar en "sorgo granero" (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), a diferentes edades. Agronomía Tropical 26 (1): 39-45.

Stickler, F.; S. Wearden & A. Pauli. 1961. Leaf area determination in grain sorghum.Agr. Jour. 53: 187-188.

Zambon da Silva, W.; S. V. Batista Brinate; M. A. Tomaz; J. F. Texeira do Amaral; W. Nunez Rodríguez & L. Deleon Martins. 2011. Métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. Goiâna 7(13): 746-759. Consultado 13-05-2012. Disponible en http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/metodos.pdf.

ANEXO

Fig. 1: Detalles de la planta de *V. pilosa.* A. Plántulas generadas de semilla. B. Matas en floración, en su hábitat natural. C. Parte superior: rizoma. Parte inferior: raíces reservantes.

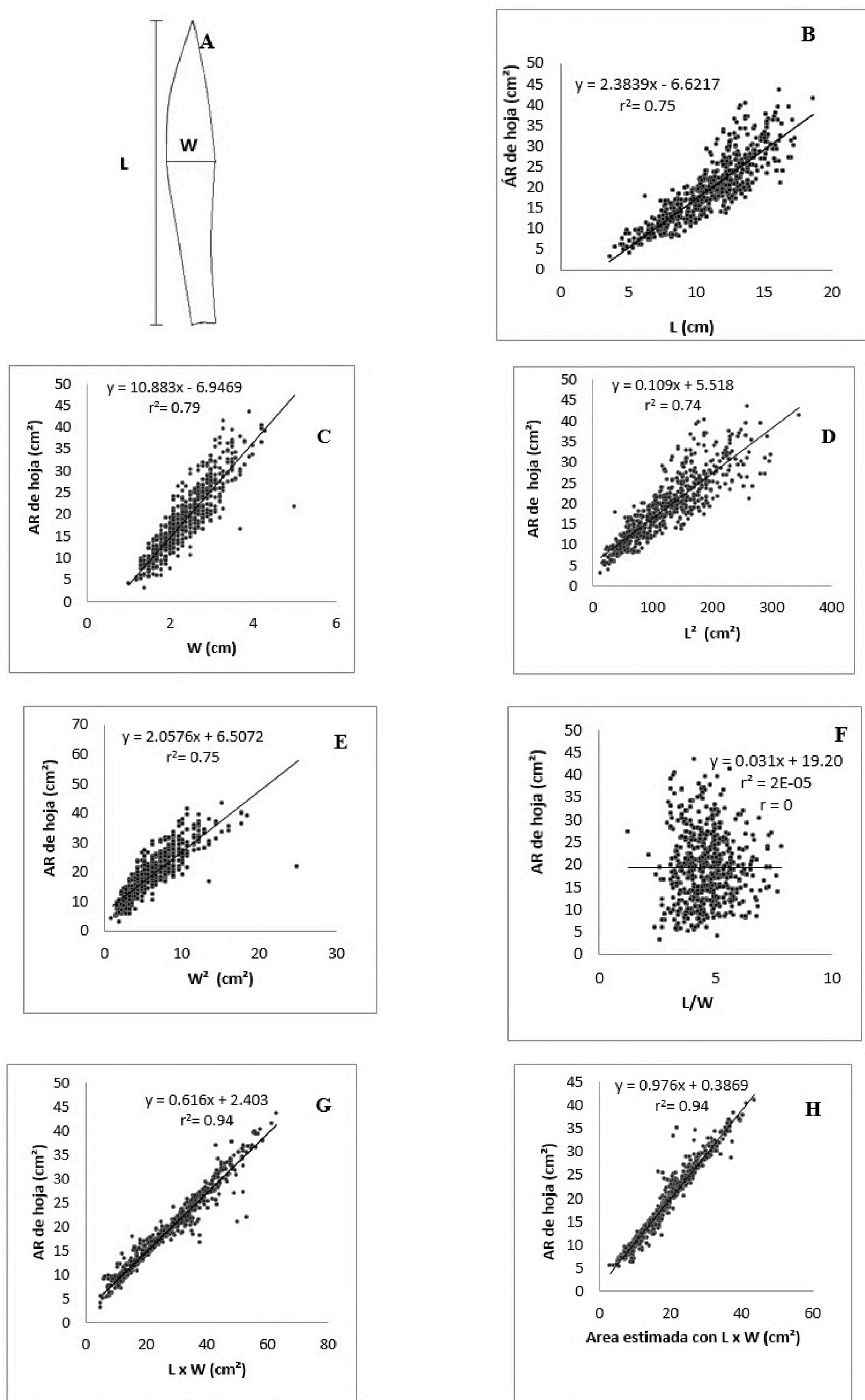


Fig. 2. A: forma como se tomaron las medidas lineales de las láminas. B a G: relación entre el área real (AR) de las hojas y el largo (L) y ancho mayor (W) de las láminas y, sus combinaciones. H: relación entre el área estimada mediante el producto de L x W y el AR de las hojas.